

5

Sulzer Chemtech AG, Winterthur, Schweiz

In einem Rohr angeordneter Mischer

Die Erfindung betrifft einen Mischer, der in einem Rohr
10 angeordnet ist und der mindestens ein Mischelement oder
einen Mischkörper umfasst. Sie bezieht sich auch auf
Verwendungen eines derartigen Mischers.

Aus der US-PS 3 051 453 ist ein Mischer bekannt, der sich
aus einer linearen Anordnung von Mischelementen
15 zusammensetzt, die nachfolgend als "Multiflux-
Mischkörper" bezeichnet werden. Dieser Multiflux-
Mischkörper, dessen Querschnitt quadratisch ist, weist
zwei Kanäle auf, die sich in Strömungsrichtung bis zur
Mitte des Mischkörpers kontinuierlich verengen und hinter
20 der engsten Stelle in einer um 90° gedrehten Ebene wieder
kontinuierlich erweitern. Ein durch den Mischkörper
fliessendes Medium erfährt eine Umformung, durch die sich
die Anzahl der Teilschichten verdoppelt.

Der Multiflux-Mischkörper lässt sich - geometrisch
25 gesehen - aus vier keilförmigen Teilkörpern und zwei

dreieckigen Platten aufbauen. In einer besonderen Ausführungsform haben die Keile die Form eines halbierten Würfels, der längs der Diagonale einer Seitenfläche halbiert ist. Je zwei der Keile - der eine gegenüber dem
5 andern um 90° gedreht - bilden jeweils einen zusammenhängenden Teilkörper. Die beiden Platten bilden Trennwände zwischen den beiden Kanälen des Mischkörpers. Die Teilkörper nehmen ein Volumen ein, das 25 bis 30 % des dem Mischkörper zugeordneten Rohrvolumens beträgt.

- 10 Es sind analoge Mischkörper mit vier Kanälen - sogenannte ISG-Mischkörper (ISG = Interfacial Surface Generator) - bekannt (siehe H.Brünemann, G.John "Mischgüte und Druckverlust statischer Mischer mit verschiedenen Bauformen", Chemie-Ing.-Techn. 43. Jahrg. 1971, S.348).
- 15 Die ISG-Mischkörper weisen kreisförmige Querschnitte auf. In einem Mischer mit ISG-Mischkörpern werden in einem zu mischenden und aus zwei Komponenten bestehenden Medium acht Teilschichten erzeugt.

Die bekannten Multiflux- und ISG-Mischkörper benötigen zu
20 ihrer Herstellung relativ viel Material, dessen Volumen nämlich mindestens 25 bis 30 % des Rohrvolumens einnimmt. Die Längen der Mischkörper in Strömungsrichtung sind relativ lang, nämlich ungefähr gleich gross wie der Rohrdurchmesser.

- 25 Es ist Aufgabe der Erfindung, einen Mischer vom Multiflux- oder ISG-Typ zu schaffen, dessen Mischkörper oder Mischelemente aus weniger Material herstellbar sind. Diese Aufgabe wird mit den in Anspruch 1 genannten Merkmalen gelöst. Der Leervolumenanteil ist grösser als
30 80 bis 90 %; und somit ist der Materialbedarf wesentlich geringer. Dank seiner besonderen Form kann das Mischelement des erfindungsgemässen Mischers wesentlich kürzer, nämlich mindestens halb so lang - bei

vergleichbarer Wirkung wie bei den bekannten Mischkörpern
- gemacht werden. Ein Mischer mit einer Mehrzahl
derartiger Mischelemente ist in Anspruch 2 definiert.

Die abhängigen Ansprüche 3 bis 18 beziehen sich auf
5 vorteilhafte Ausführungsformen des erfindungsgemässen
Mischers. Die Ansprüche 19 und 20 betreffen Verwendungen
der Mischer.

Der erfindungsgemässe Mischer weist Mischelemente mit
einer besonders einfachen Form auf. Dank dieser Form
10 lässt sich ein monolithischer Mischkörper, der eine Serie
von mehreren hintereinander geschalteten Mischelementen
umfasst, gut durch Spritzgiessen aus Kunststoff oder
Feinguss (Stahl) herstellen, wobei insbesondere bei der
einfachsten Ausführungsform (Zweilöcher-Variante)
15 zweiteilige Werkzeuge verwendbar sind. Die
erfindungsgemässen Mischkörper lassen sich auch
beispielsweise aus Blech auf einfache Weise herstellen.

Der erfindungsgemässe Mischer eignet sich besonders für
zähe Medien wie beispielsweise Kunststoffe, Harze oder
20 Klebstoffe (wobei die Reynolds-Zahl $Re = v \cdot D \cdot \rho / \eta$ kleiner
als 1 ist; v : Geschwindigkeit des fliessenden Mediums, D :
Rohrdurchmesser, ρ : Dichte des Mediums, η : Viskosität).
Bezüglich Mischgüte und Druckverlust ($= NeReD$, Ne :
Newton-Zahl) ist der erfindungsgemässe Mischer günstiger
25 als die bekannten statischen Mischer: Zwei fliessfähige
Medien ähnlicher Viskosität können über eine Strecke (L)
von weniger als zehn Rohrdurchmessern (D) homogen
vermischt werden.

Im Gegensatz zu den bekannten Multiflux- oder ISG-
30 Mischern weist der erfindungsgemässe Mischer keine Kanäle
mit konfusor- und diffusorartigen Abschnitten oder
Bohrungen auf. Versuche ergaben, dass einfache Scheiben

mit Löchern und Trennstegen, die auf den Scheiben angeordnet sind, eine überraschend gute Mischgüte liefern. Effekte, die aufgrund fehlender konfusor- und diffusorartigen Abschnitten zu erwarten waren, erwiesen
5 sich in Bezug auf die Mischgüte als praktisch ohne störenden Einfluss.

Für den erfindungsgemässen Mischer können Rohre mit beliebigm Querschnitt vorgesehen werden; bevorzugt sind jedoch quadratische oder kreisförmige Querschnitte.

10 Es wurden Versuche mit erfindungsgemässen Mischern durchgeführt, deren Mischelemente jeweils 2, 3 oder 4 Löcher aufwiesen. Die Länge der Elemente war in allen Fällen gleich dem halben Rohrdurchmesser. Die Versuche ergaben eine Homogenisierung (Variationskoeffizient $s/\bar{x} \leq$
15 0,01) über Strecken von 8, 7 bzw. 8 Rohrdurchmessern. Der Druckverlust war wesentlich geringer als bei den bekannten Multiplex- und ISG-Mischern.

In der folgenden Tabelle sind Messresultate zusammengefasst. Die Definitionen der Grössen W_{LV} , $W_{LD}^{1/3}$
20 und $W_{LL}^{1/3}$ sind beispielsweise aus folgender Publikation bekannt: "Mischen beim Herstellen und Verarbeiten von Kunststoffen", Reihe "Kunststofftechnik", VDI-Verlag, Düsseldorf, 1991 (Auch die Definition des Variationskoeffizienten s/\bar{x} , siehe oben, findet man
25 dort). Diese Grössen, die als spezifische Wirkungen bezeichnet werden, machen relative Angaben über das Volumen des Mixers, seinen Durchmesser bzw. die Mischerlänge; sie beziehen sich auf den bekannten SMX-Mischer, der beispielsweise aus der DE-PS 28 08 854 (= P.5473) bekannt ist. Die Homogenisierungslänge $(L/D)_h$ ist
30 bei $s/\bar{x} = 0.01$ abgelesen worden (vgl. Fig.9).

	Mischertyp	$NeRe_D$	$(L/D)_h$	W_{LV}	$W_{LD}^{1/3}$	$W_{LL}^{1/3}$
1*	SMX	1200	10	1	1	1
2*	2-Loch	500	8	0.27	0.69	0.55
3*	3-Loch	1000	7	0.41	0.84	0.58
4*	4-Loch	2070	8	1.10	1.11	0.89
5*	Multiflux	920	15	1.73	1.05	1.57

Der Multiflux-Mischer wird bezüglich den spezifischen Wirkungen durch die getesteten Mischer übertroffen.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Zeichnungen
5 näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Explosionszeichnung eines statischen
Mischers gemäss der Erfindung mit zwei
Mischelementen (Zweilöcher-Variante),

Fig.2-4 Varianten zum Mischelement der Fig.1,

10 Fig.5a,b Mischelemente mit zwei Trennstegen pro
Abschnitt (Dreilöcher-Variante),

Fig. 6 einen Längsschnitt durch einen Mischer mit
Elementen gemäss Fig.5,

15 Fig.7a,b Umlenkscheiben zu Mischelementen mit drei
Trennstegen (Vierlöcher-Variante),

Fig. 8 Mischelemente zu einem quadratischen Rohr und

Fig. 9 ein Diagramm mit Messresultaten für die
Variationskoeffizienten s/\bar{x} (mit $\bar{x} = 0.5$).

- Die in einem Rohr 10 angeordneten Mischelemente 1 und 1' der Fig.1 bestehen jeweils aus zwei Trennstegen 2 bzw. 2' und zwei Umlenkscheiben 3 bzw. 3', die in einer mit strichpunktiierten Linien angedeuteten Ebene 3a bzw. 3a' liegen. Die Ebene 3a liegt senkrecht zur Rohrachse 5 und parallel zu Ebenen 2a und 2b, die die obere Kante 20 bzw. die untere Kante 21 der Trennstege 2 berühren. Die drei Ebenen 2a, 3a und 2b begrenzen zwei Abschnitte 1a und 1b des Mischelements 1. Jedem Abschnitt ist ein den Abschnitt unterteilender Trennsteg 2 zugeordnet. Die Trennstege 2 der beiden Abschnitte 1a und 1b kreuzen sich unter einem rechten Winkel. Der Rohrquerschnitt ist durch die Trennstege 2 in vier gleich grosse Teilflächen unterteilt, wobei zwei dieser Teilflächen durch die Umlenkscheiben 3 abgedeckt sind. Die offenen Teilflächen sind als Einschnürungen und Durchtrittslöcher 4 für das zu mischende Medium vorgesehen.
- Die beiden aufeinander folgenden Mischelemente 1 und 1' sind im wesentlichen gleich aufgebaut. Aber das Mischelement 1 stellt die zum Mischelement 1' spiegelbildliche Form dar. Die benachbarten Trennstege 2 und 2' kreuzen sich; die offenen Teilflächen 4 und 4' sind gegeneinander versetzt angeordnet.

- Die Umlenkscheiben 3 können auch einen Winkel α mit der Querschnittsebene 3a - siehe Fig.2 - einschliessen. Dieser Winkel α wird mit Vorteil nicht grösser als 30° gewählt. Die Figuren 3 und 4 zeigen weitere Ausführungsformen mit geneigten Flächen. Wird die Achse 5 als Vertikale verstanden, so stellt der Pfeil 6 in den Figuren 2 bis 4 jeweils die Falllinie einer Umlenkscheibe 3 dar. In Fig.2 ist dieser Pfeil 6 parallel zum oberen

Trennsteg 2. Bei dem Ausführungsbeispiel der Fig.3 ist der Pfeil 6 tangential zu einem zur Achse 5 konzentrischen Kreiszylinder. Bei dem Ausführungsbeispiel der Fig.4 ist der Pfeil 6 radial nach aussen gerichtet.

5 Die Figuren 5a und 5b zeigen Mischelemente 1 und 1', bei denen jeweils zwei Trennstege 2 einem Abschnitt 1a bzw. 1b (in diesen Figuren nicht dargestellt) zugeordnet sind. Auf beiden Seiten jedes Trennstegs 2 ist genau eine offene Teilfläche 4 angeordnet. Das Mischelement 1' mit
10 den offenen Teilflächen 4' stellt ein unmittelbar benachbartes Element des Mischelements 1 dar. Die offenen Teilflächen 4 und 4' sind gegeneinander versetzt angeordnet. Bei der Dreilöcher-Variante (Fig.5) sind die Formen der beiden Mischelemente 1 und 1' identisch und
15 nicht spiegelbildlich wie bei der Zweilöcher-Variante (Fig.1).

Für eine Herstellung des Dreilöcher-Mischkörpers mittels Spritzgusses kann man die Elemente in zwei Hälften teilen. Die Grenzen zwischen den Halbelementen sind in
20 den Figuren 5a und 5b als strichpunktierte Linien 7 bzw. 7' angegeben. Monolithische Teilkörper, die jeweils eine Serie solcher Halbelemente umfassen, können auf einfache Weise mit zweitteiligen Werkzeugen hergestellt werden. Den gesamten Mischkörper erhält man durch Zusammenfügen
25 zweier monolithischer Teilkörper.

Im Längsschnitt der Fig.6 ist gezeigt, dass die einzelnen Mischelemente 1 und 1' dicht aufeinander folgen. Es können allerdings auch Abstände zwischen einzelnen benachbarten Elementen oder auch zwischen allen Elementen
30 vorgesehen sein. Beabstandet eingebaute Mischelemente können durch Verbindungsstücke zu einem monolithischen Mischer verbunden werden.

In Fig.6 ist zusätzlich mit Pfeilen 8, 8' und 8" der Strömungsverlauf des zu mischenden Mediums angedeutet. Der Pfeil 8' steht senkrecht zur Bildfläche und ist nach vorn gerichtet; der Pfeil 8" - ebenfalls senkrecht - ist nach hinten gerichtet. Das Bezugszeichen 9 weist auf eine Stelle hin, wo durch die Pfeile eine Erzeugung zweier Teilströme angedeutet ist.

Die Umlenkscheiben 3 liegen mit Vorteil in einer gemeinsamen Ebene. Bei Vorliegen von mindestens zwei Trennstegen 2 pro Abschnitt (Dreilöcher-Variante) können mehrere Umlenkscheiben 3 eine gemeinsame Scheibe oder eine einzige Scheibe 30 (Vierlöcher-Variante) bilden: siehe die Figuren 5a und 5b und die entsprechenden Figuren 7a und 7b für die Vierlöcher-Variante.

In den Figuren 7a und 7b ist jeweils nur die einzige und gemeinsame Umlenkscheibe 30 bzw. 30' gezeigt. Die strichpunktierten Linien 23 stellen die unteren Kanten der oberen Trennstege dar. Wie schon bei der Zweilöcher-Variante sind bei der Vierlöcher-Variante die Formen benachbarter Mischelemente zueinander spiegelbildlich.

Der erfindungsgemäße Mischer kann statt eines kreisförmigen Querschnitts auch einen Querschnitt mit einer anderen Form, beispielsweise einem Quadrat, haben. Die Winkel zwischen den sich kreuzenden Trennstegen 2, 2' können auch von 90° abweichen. Die Abschnitte 1a und 1b können verschieden lang sein. Die Länge der Abschnitte 1a und 1b liegt mit Vorteil im Bereich zwischen $D/8$ und D ; sie beträgt vorzugsweise $D/4$.

In Fig.8 ist illustriert, was für Abweichungen von den einfachen, oben beschriebenen Formen beispielsweise denkbar sind: Zwischen den beabstandeten Mischelementen 1, 1' sind Verbindungselemente 35 angeordnet. Die

Trennsteg 2 weisen zusätzliche Elemente 25 zur Verstärkung oder Strömungslenkung auf. Trennsteg 2' und 2" benachbarter Mischelemente 1' und 1" sind an der Stelle 29 ineinander gesteckt. Einzelne Trennsteg 2 und 5 Umlenkscheiben 3 sind nicht eben. Die Mischelemente 1 und 1' weisen verschieden viele Trennsteg 2 und 2' pro Abschnitt 1a bzw. 1b auf, nämlich zwei bzw. einen. Ein Trennsteg 2 weist eine Aussparung 29 auf. Die Fig.8 ist lediglich als Veranschaulichung einzelner Merkmale zu 10 verstehen; die besondere Kombination aller aufgeführten Merkmale im gleichen Mischer braucht nicht besonders vorteilhaft zu sein.

Das Rohr 10 kann auch konisch ausgebildet sein (nicht dargestellt), so dass es sich in Fliessrichtung verjüngt; 15 die Mischkörper 1, 1' müssen in diesem Fall dem ändernden Querschnitt entsprechend verschieden gross ausgebildet sein.

Das Diagramm in Fig.9 zeigt wie der Variationskoeffizient s/\bar{x} für $\bar{x} = 0.5$ gemäss den oben erwähnten Versuchen von 20 L/D abhängt. $x = 0.5$ bedeutet, dass die Anteile der beiden zu mischenden Komponenten gleich gross sind. Die Bezugszeichen 1' bis 5' beziehen sich auf die Mischertypen, die in der oben stehenden Tabelle aufgeführt sind.

25 Der erfindungsgemässe Mischer, der sich aus wenig Material monolithisch herstellen lässt, wird mit Vorteil aus einem kostengünstigen, verbrennbaren Kunststoff durch Spritzgiessen gefertigt. Dieser Mischer eignet sich besonders gut dazu, als Einwegartikel verwendet zu 30 werden.

Der erfindungsgemässe Mischer kann auch zum Mischen turbulent strömender Medien verwendet werden.

Schutzansprüche:

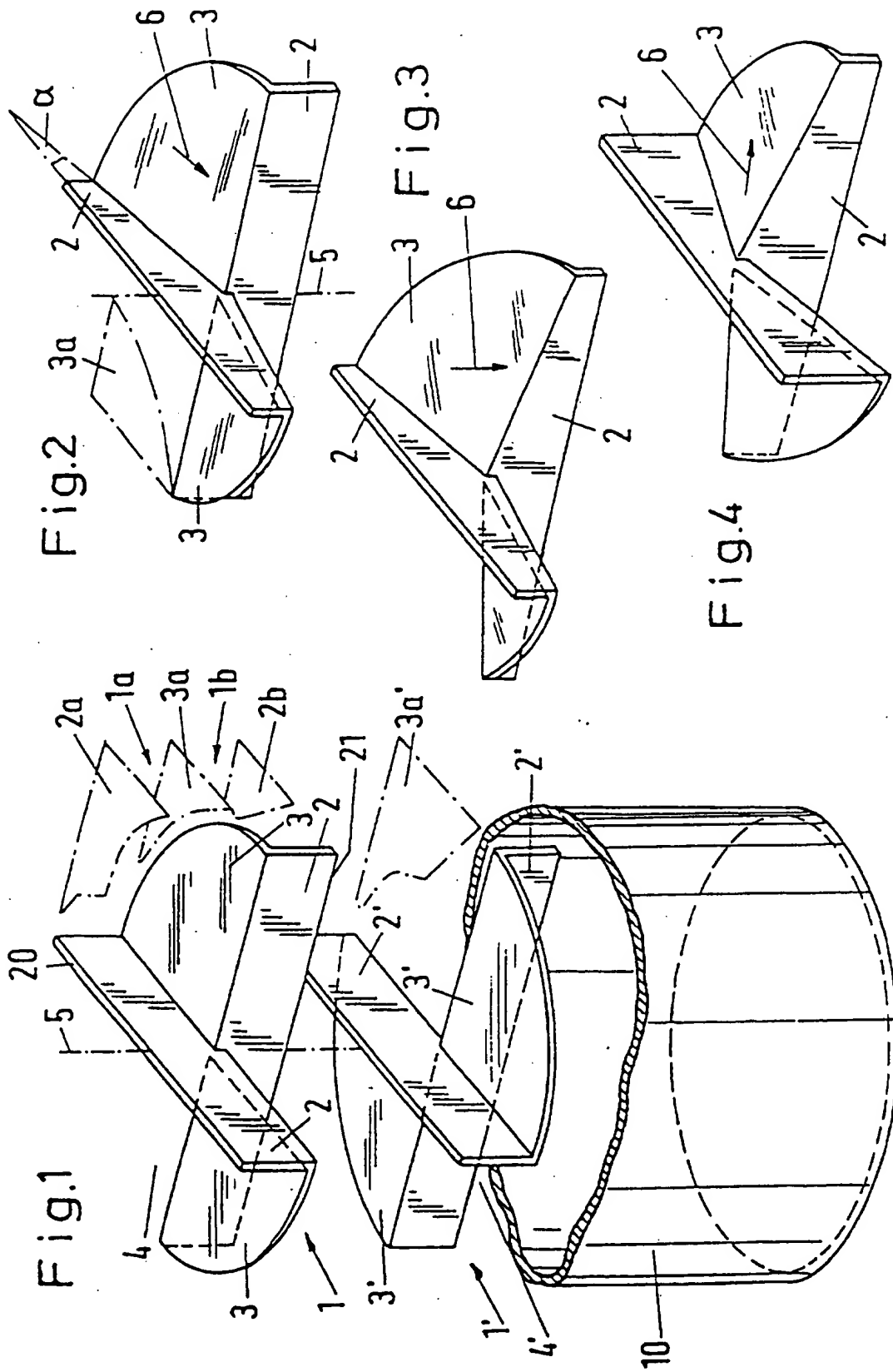
- 5 1. In einem Rohr (10) angeordneter Mischer mit
mindestens einem Mischelement (1, 1'), das zwei
axiale Abschnitte (1a, 1b) umfasst, wobei jedem
Abschnitt mindestens ein den Abschnitt
unterteilender Trennsteg (2, 2') zugeordnet ist, die
10 Trennstege der beiden Abschnitte sich kreuzen und
der Rohrquerschnitt durch die Trennstege in
Teilflächen unterteilt ist, wobei ferner bei der
Grenze (3a, 3a') zwischen den Abschnitten offene
sowie durch Umlenkscheiben (3, 3') abgedeckte
15 Teilflächen vorgesehen sind und auf beiden Seiten
jedes Trennstegs genau eine offene Teilfläche (4,
4') angeordnet ist.
2. Mischer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass eine Mehrzahl von Mischelementen (1, 1')
20 vorliegt und dass bezüglich aufeinander folgender
Mischelemente einerseits benachbarte Trennstege (2,
2') sich kreuzen und andererseits die offenen
Teilflächen (4, 4') gegeneinander versetzt
angeordnet sind.
- 25 3. Mischer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch
gekennzeichnet, dass der Rohrquerschnitt durch die
Trennstege (2, 2') in zumindest angenähert gleich
grosse Teilflächen unterteilt ist.

4. Mischer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Trennstege (2) benachbarter Abschnitte (1a, 1b) sich unter einem Winkel von 90° kreuzen.
5. Mischer nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass beide Abschnitte (1a, 1b) eines Mischelements (1) zumindest angenähert gleich gross sind.
6. Mischer nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge eines Mischelements (1) kleiner als der grösste Rohrdurchmesser, vorzugsweise kleiner als die Hälfte des grössten Rohrdurchmessers ist.
7. Mischer nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Umlenkscheiben (3) in einer gemeinsamen Ebene liegen und dass bei Vorliegen von mindestens zwei Trennstegen (2) pro Abschnitt (1a, 1b) mehrere Umlenkscheiben eine gemeinsame Scheibe oder alle Umlenkscheiben eine einzige Scheibe (30) bilden.
8. Mischer nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Umlenkscheiben (3) zur Querschnittsebene (3a) geneigt sind und dass der Winkel (α) zwischen Umlenkscheibe und Querschnittsebene kleiner als 30° ist.
9. Mischer nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere aufeinander folgende Mischelemente (1, 1') in Form einer monolithischen, insbesondere durch Spritzguss hergestellten Struktur vorliegen.

10. Mischer nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen mindestens zwei benachbarten Mischelementen (1, 1') ein Abstand vorgesehen ist.
- 5 11. Mischer nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen beabstandeten Mischelementen (1, 1') Verbindungselemente (35) angeordnet sind.
- 10 12. Mischer nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohr (10) einen quadratischen oder einen kreisförmigen Querschnitt aufweist.
- 15 13. Mischer nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einzelne Trennsteg (2, 2') und/oder Umlenkscheiben (3, 3') zusätzliche Elemente (25) zur Verstärkung oder Strömungslenkung aufweisen.
14. Mischer nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass Trennsteg (2, 2') benachbarter Mischelemente (1, 1') ineinander gesteckt (29) sind.
- 20 15. Mischer nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einzelne Trennsteg (2, 2') und/oder Umlenkscheiben (3, 3') nicht eben sind.
- 25 16. Mischer nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einzelne Trennsteg (2, 2') und/oder Umlenkscheiben (3, 3') zusätzliche Aussparungen (26) aufweisen.
17. Mischer nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Rohr (10) konisch, in

Fließrichtung sich verjüngend ausgebildet ist und die Mischkörper (1, 1') dem ändernden Querschnitt entsprechend verschieden gross ausgebildet sind.

18. Mischer nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch
gekennzeichnet, dass zumindest zwei Mischelemente
(1, 1') verschieden viele Trennstege (2, 2') pro
Abschnitt (1a, 1b) aufweisen.



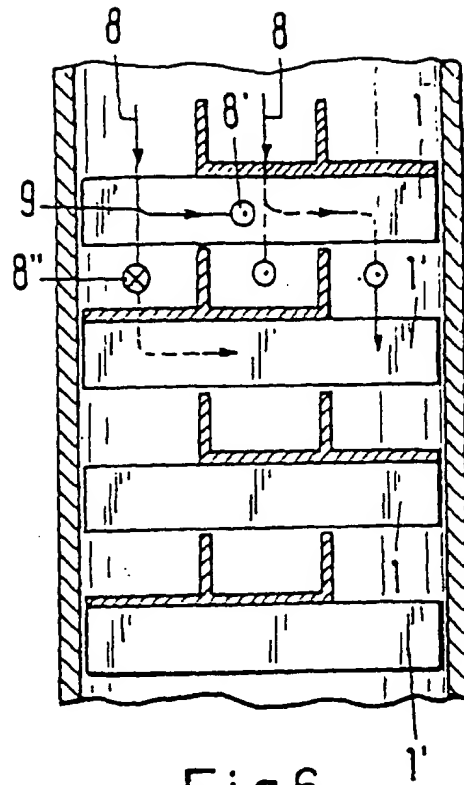
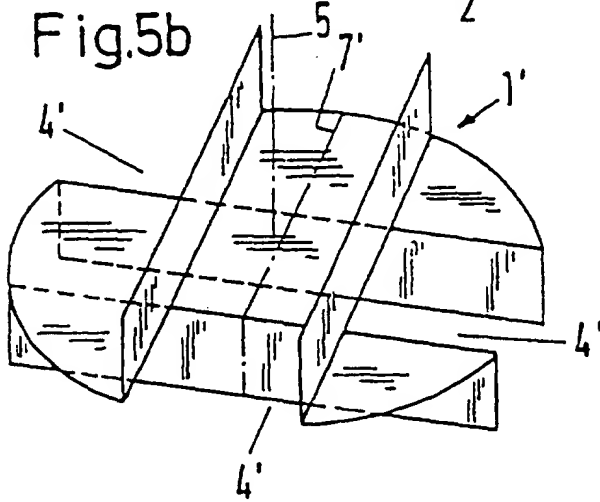
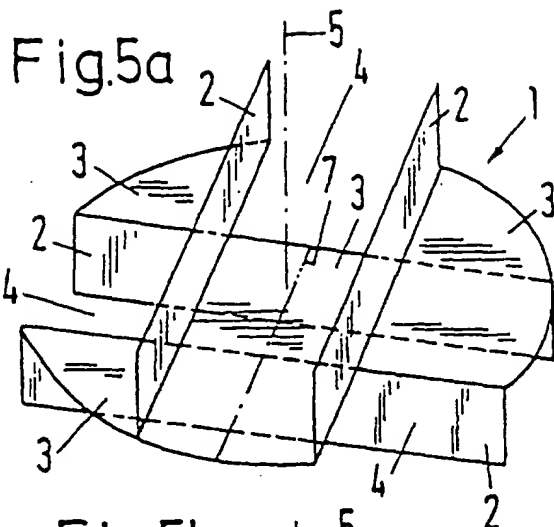


Fig.6

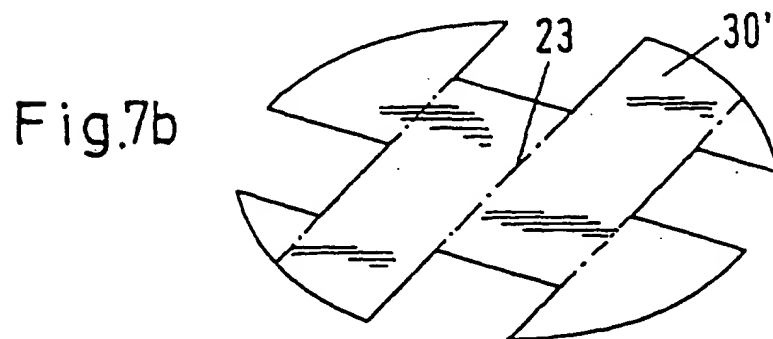
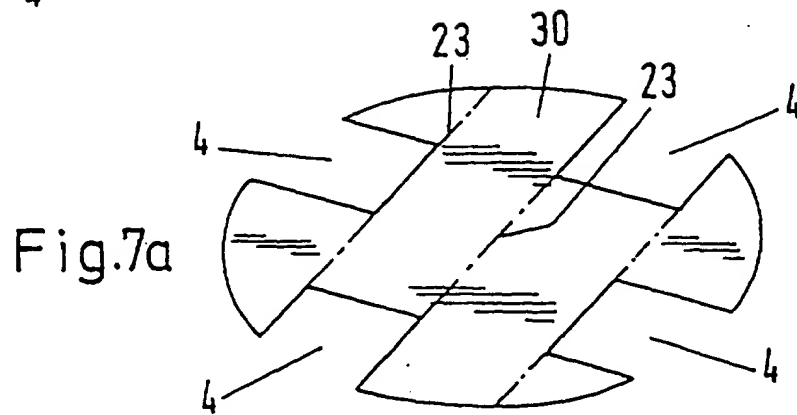


Fig.8

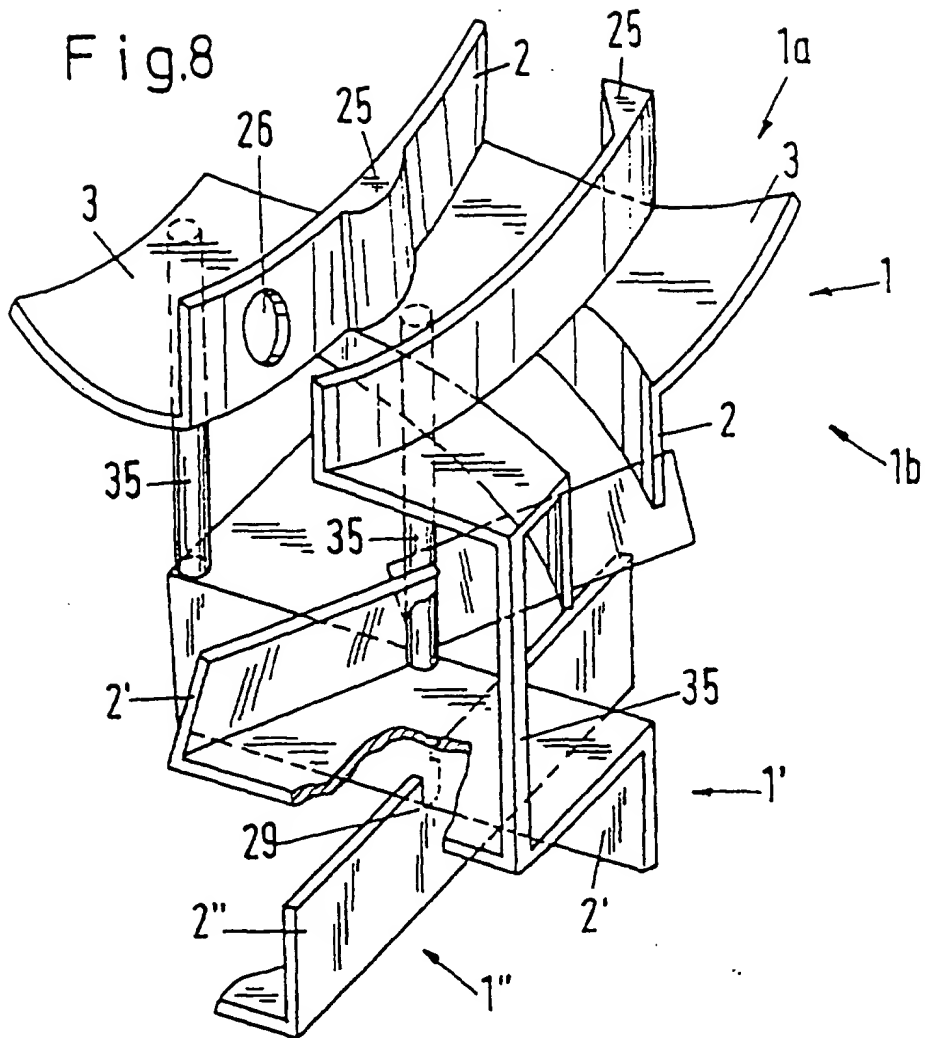
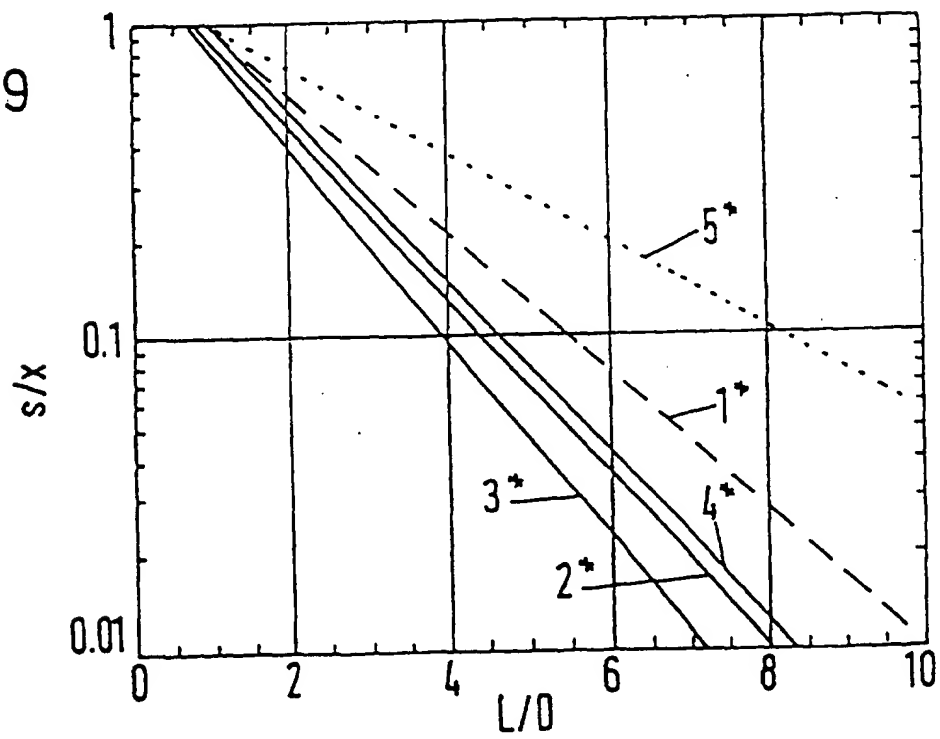


Fig.9



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.